



## Geração on-line de Mapas Agrometeorológicos

Luciana Alvim Santos Romani<sup>1</sup>  
Silvio Roberto Medeiros Evangelista<sup>2</sup>  
Jurandir Zullo Júnior<sup>3</sup>  
Daniel Aguiar<sup>4</sup>  
Marcelo Fonseca<sup>5</sup>

Poucos são os sistemas de monitoramento agrometeorológico que organizam os dados coletados por estações meteorológicas, que realizam os cálculos de determinadas variáveis (p.e. dias sem chuva, temperatura máxima, evapotranspiração, etc.) e que geram mapas temáticos como uma das formas de apresentação dos dados (IAC, 2003; CLIMERH, 2003; ITEP, 2003). Objetivando preencher esta lacuna e implantar um sistema de monitoramento agrometeorológico em âmbito Nacional, foi criado o Agritempo, resultado de uma parceria entre a Embrapa Informática Agropecuária e o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (Cepagri/Unicamp) (Embrapa Informática Agropecuária, 2003).

O Agritempo é um consórcio que reúne diversas instituições como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais (Cemig), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a Universidade

Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade Estadual Paulista (UNESP) com os *campi* de Bauru, Botucatu, Jaboticabal, Ilha Solteira e Presidente Prudente, o Instituto Tecnológico Simepar, a Agência Nacional de Águas (ANA), o Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco, vinculado ao Instituto Tecnológico de Pernambuco (Lamepe/Itep), a Cooperativa de Desenvolvimento do Parapanema (CDVale), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) e diversos outros centros de pesquisa da Embrapa. O sistema possui um conjunto de 900 estações pertencentes às instituições envolvidas que se responsabilizam pela atualização dos dados periodicamente. O sistema permite, por meio da Internet, o acesso às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros, possibilitando a atualização de cadastro de estações e dados climáticos diários (temperaturas máxima e mínima, e precipitação), criação de boletins agrometeorológicos e visualização de mapas que são gerados dinamicamente no momento da execução destes boletins.

<sup>1</sup> Msc. em Ciência da Computação, Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo – 13083-970 – Campinas, SP. (e-mail: luciana@cnptia.embrapa.br)

<sup>2</sup> Dr. em Engenharia Elétrica, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo – 13083-970 – Campinas, SP. (e-mail: silvio@cnptia.embrapa.br)

<sup>3</sup> Dr. em Engenharia Elétrica, Pesquisador do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (Cepagri/Unicamp), Barão Geraldo – 13083-886 – Campinas, SP. (e-mail: jurandir@cpa.unicamp.br)

<sup>4</sup> Graduando em Geografia, bolsista do Cepagri/Unicamp, Barão Geraldo – 13083-886 – Campinas, SP. (e-mail: daniel.aguiar@ige.unicamp.br)

<sup>5</sup> Graduando em Geografia, bolsista do Cepagri/Unicamp, Barão Geraldo – 13083-886 – Campinas, SP. (e-mail: marcelo.fonseca@ige.unicamp.br)

De forma geral, mapas são gerados para facilitar a visualização de dados numéricos utilizando algoritmos de interpolação para este fim. Os programas de interpolação são projetados para serem usados de forma mono-usuário. Eles recebem como entrada arquivos com dados georreferenciados do tipo: contornos, grades, entre outros, e geram como saída, mapas a partir das funções matemáticas definidas. No entanto, através da Internet, é possível a geração dos mesmos mapas em tempo real por mais de um usuário simultaneamente. Adequar esses programas de geração de mapas à tecnologia Web foi um dos objetivos do Agritempo, tornando disponível rapidamente novas funcionalidades aos usuários finais.

Este trabalho apresenta a solução tecnológica, proposta no âmbito do projeto, para geração de mapas agrometeorológicos em tempo real via Internet. Esta solução envolve o uso do sistema SURFER® (Keckler, 1997), um pacote de programas comerciais que pode ser utilizado para a confecção de mapas de variáveis a partir de dados espacialmente distribuídos, associado à tecnologia de Java *servlets* (Sun Microsystems, 2002).

## Material e Métodos

A abordagem utilizada para desenvolvimento de um mecanismo que permitisse a geração *on-line* de mapas no Agritempo considerou dois ambientes de execução: servidor Web e o ambiente Windows.

A arquitetura proposta utilizou a tecnologia Java *servlets*, que podem ser definidos como programas Java que são carregados dinamicamente para atender solicitações de um servidor Web (Sun Microsystems, 2002) e o SURFER® para a geração dos mapas. O servidor Web, que responde às solicitações dos usuários, é o Apache Tomcat, servidor oficial para tecnologia Java *servlets* e Java *Server Pages* (Apache Software Foundation, 2003).

A Fig. 1 apresenta um esquema da arquitetura proposta, na qual um cliente (navegador) se comunica com o servidor Apache Tomcat através de requisições no protocolo HTTP. Estas requisições são respondidas pelo servidor com o envio de uma página HTML contendo os mapas gerados.

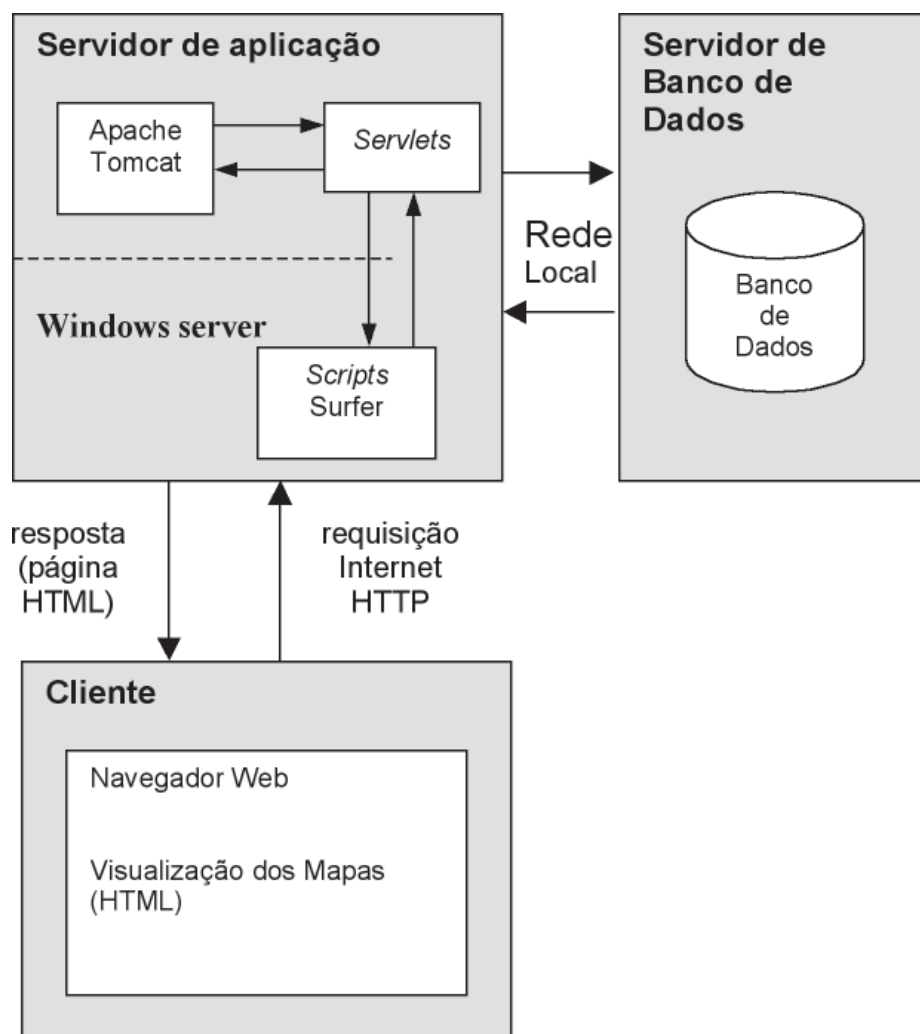


Fig. 1. Arquitetura do mecanismo para geração de mapas *on-line*.

Na máquina servidora, *servlets* são chamadas pelo servidor *Web* para tratar as solicitações enviadas pelo cliente. Elas acessam os dados meteorológicos no banco de dados Oracle que está instalado em uma outra máquina servidora por meio de uma camada de aplicação. Arquivos no formato de entrada do SURFER® são gerados pela *servlet* e armazenados em um diretório específico. Estes arquivos possuem as coordenadas (latitude e longitude) em minutos e as variáveis usadas para geração dos mapas separados por vírgulas.

As *servlets* invocam arquivos de comandos, no sistema operacional Windows com chamadas aos programas na linguagem do próprio SURFER® (*scripts*), como pode ser visto a seguir:

```
C:\surfer6\gsmac.exe /x filename.bas
```

A linha de comando, ilustrada acima, indica que o arquivo *filename.bas* é executado pelo programa *gsmac.exe* do pacote SURFER®. A opção */x* foi incluída para que o SURFER® seja finalizado automaticamente caso a execução do *script (filename.bas)* termine sem erros. Os arquivos com extensão *.bas* são *scripts* codificados em *GS Scripter*, uma linguagem de *script* do próprio SURFER®, cuja sintaxe é uma forma simplificada da linguagem de programação Basic. Estes *scripts* combinam comandos semelhantes aos do Basic e funções com comandos específicos do SURFER®.

Os *scripts* foram elaborados de forma a gerar os mapas a partir de modelos prontos (.srf) para cada estado brasileiro e exportar esses mapas como arquivos de imagem (.gif) em tamanho normal e reduzido para a estrutura de diretórios do servidor Web. Dessa forma, ao final da execução da *servlet*, os mapas que foram gerados instantaneamente podem ser visualizados através de uma página HTML no navegador da máquina cliente.

O código do *script* foi otimizado de forma a ser independente do estado da federação. Neste caso, existe apenas um *script* para todos os mapas e modelos do SURFER® e arquivos de parâmetros diferentes para cada estado. A seguir é apresentado um trecho do código que ilustra essa parametrização, através do uso da variável "UF":

```
'
' Arquivos de dados:
' -----

dados1$ = "bole"+UF$+"1.dat"
dados2$ = "bole"+UF$+"1p.dat"
dados3$ = "bole"+UF$+"2.dat"

pars$ =
"C:\AgroClima\Mapas\Programas\Diarios\ "

' Leitura do arquivo Mapas.pars

open pars$+ "Mapas"+UF$+".pars" for input
as #1

'Leitura dos modelos
modeloGeral$ = "MOD"+UF$+".SRF"

modeloCond$ = "MOD"+UF$+"1.SRF"

modeloIrrig$ = "MOD"+UF$+"2.SRF"

modeloIrrigB$ = "MOD"+UF$+"3.SRF"

modeloA$ = "MOD"+UF$+"G1.SRF"

modeloD$ = "MOD"+UF$+"G2.SRF"
```

Com isso, qualquer alteração a ser realizada no *script* é bem localizada facilitando inclusive o processo de incorporação de novos modelos por região, para todo o País, entre outros.

## Resultados e Discussão

O SURFER® é um software projetado e implementado para o sistema operacional Windows. Devido essa característica, ao ser invocado por um programa Java *servlet* cuja execução ocorre em um servidor Web, o *script* em SURFER® é executado no Windows. Este fato cria uma dependência de sistema operacional impedindo que todo o sistema Agritempo possa ser executado em qualquer sistema operacional como Linux, por exemplo. Testes iniciais foram realizados para verificar a possibilidade de invocação de um programa executável (*gsmac.exe*) do SURFER® em uma máquina diferente da servidora de aplicação. Devido a restrições do sistema operacional Windows, este teste não obteve sucesso.

No entanto, o desempenho do mesmo foi um dos principais fatores da escolha do SURFER® em detrimento de outros softwares de interpolação. Para gerar um conjunto de 15 a 20 mapas via Internet, o tempo de resposta é bastante pequeno, em torno de quinze segundos, inferior a média de outros softwares similares. O tempo de acesso a partir de redes com baixa velocidade aumenta um pouco mas está dentro de um valor aceitável de 30 segundos.

No sistema Agritempo, existem duas formas de geração dos mapas: os diários, que são gerados

automaticamente duas vezes no dia e aqueles gerados no momento da execução de um determinado produto, como o boletim agrometeorológico. Esse boletim gera tabelas, gráficos e diversos mapas como os de estiagem agrícola e climatológica, de porcentagem de água disponível no solo, de condições de manejo, de aplicação de defensivo e de colheita, de temperaturas diárias, de evapotranspiração potencial e real, de precipitação, de dias com chuva, de deficiência e excedente hídrico, de possibilidade de geada, entre outros. É possível também gerar boletins por Estado, para um conjunto de estações ou para apenas uma estação, sendo que neste último caso não são gerados mapas, pois o processo de interpolação utilizado na geração dos mapas tem como pré-requisito um número mínimo de 3 valores para cada variável.

Já os mapas diários gerados para cada estado, são divididos em mapas de clima e de previsão. Os primeiros utilizam apenas dados observados em estações meteorológicas, considerando um período de 5 dias (dia atual até 5 dias anteriores). Os mapas de previsão utilizam apenas os dados de previsão do

tempo como por exemplo mapa de temperatura mínima, de temperatura máxima, de precipitação, de geadas, etc. ou dados de previsão associados aos dados da estação como é o caso do mapa de condições para tratamento fitossanitário, que pode ser visto na Fig. 2. O cálculo para geração deste mapa inclui dados da estação referente à disponibilidade atual de água no solo e os dados de previsão relacionados à precipitação nas 48 horas subseqüentes à data de geração do mapa e à velocidade do vento. No mapa, as setas representam a direção do vento, e sua espessura e comprimento indicam a intensidade do mesmo.

Os mapas diários podem ser visualizados de duas formas: via *browser* (para visualizar um grande número de mapas em uma única página) ou páginas HTML estáticas ativadas a partir da página principal do sistema. Neste caso, os mapas para cada estado brasileiro são produzidos considerando-se todas as estações disponíveis no estado ou uma amostragem significativa de municípios no caso dos mapas de previsão. Nas Fig. 3 e 4 podem ser vistas telas do sistema com as duas possibilidades de acesso aos mapas.

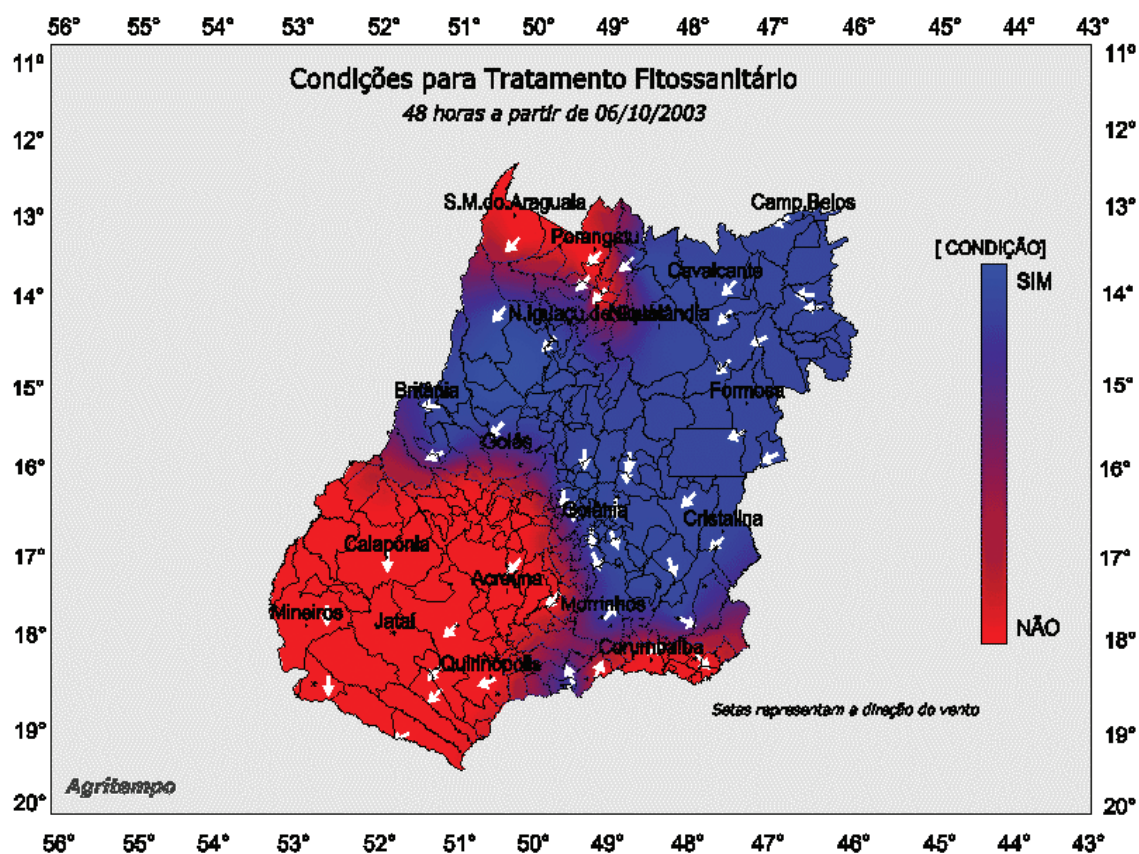


Fig. 2. Mapa de condições para tratamento fitossanitário.



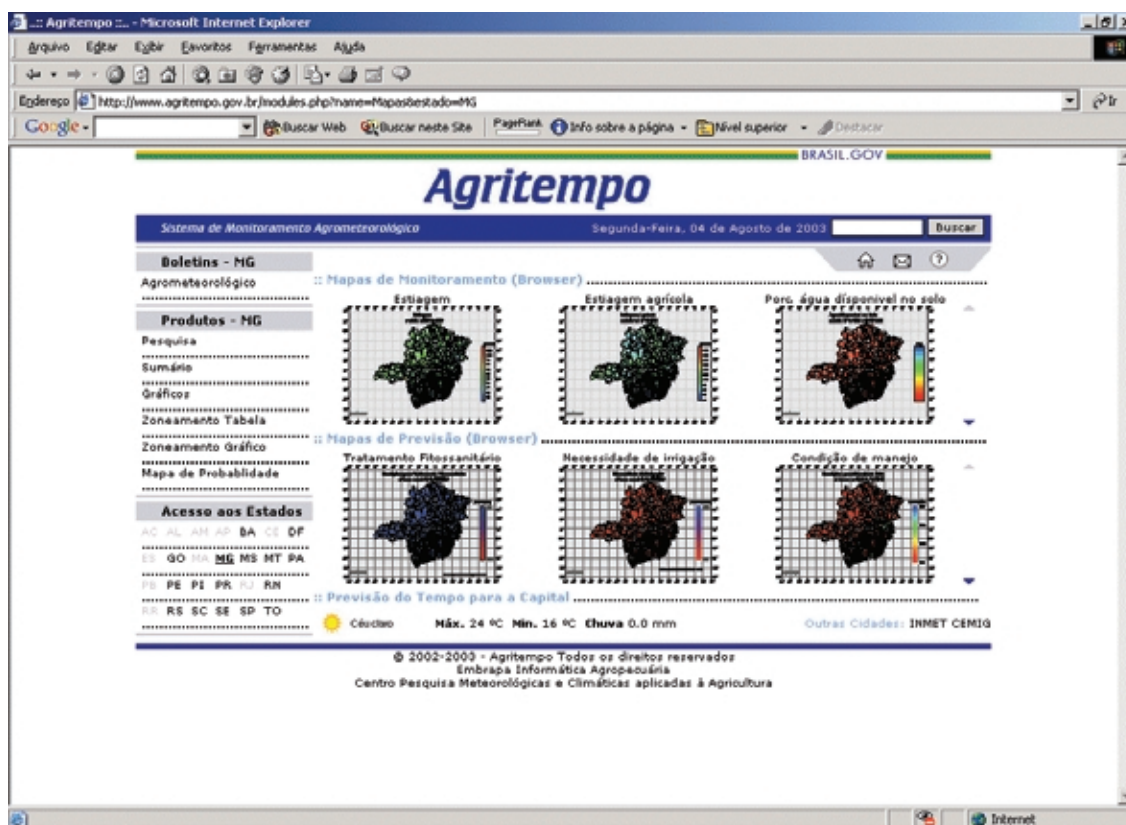
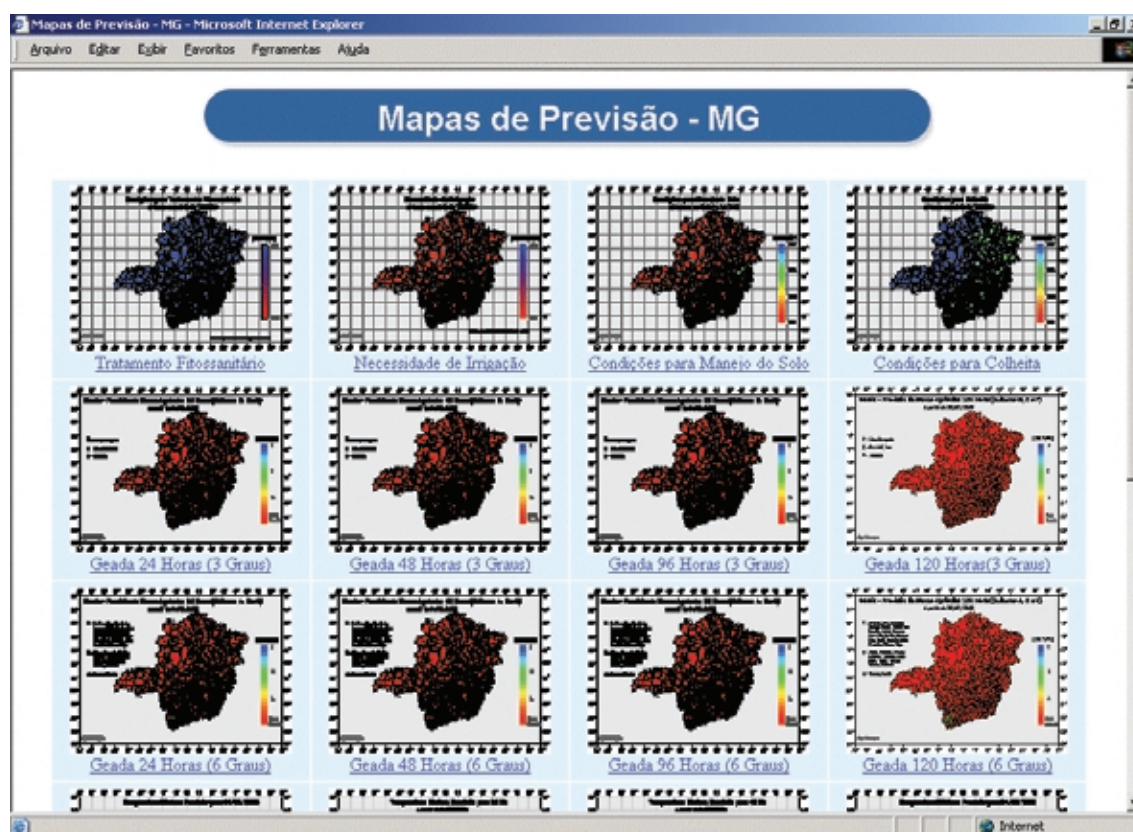


Fig. 3. Acesso pela página principal.

Fig. 4. Acesso via *browser*.

No entanto, para possibilitar a geração simultânea de mapas via Internet por vários usuários foi necessário solucionar alguns problemas: a) chamada para execução do SURFER® a partir de um servidor Web; b) verificação e inibição de parada do SURFER® na ocorrência de ausência de dados meteorológicos ou dos dados de previsão; e c) implementação de semáforo para controlar a execução do SURFER® por vários usuários simultaneamente.

Como o software SURFER® foi desenvolvido para a plataforma Windows, invocá-lo a partir de uma *servlet* que é executada dentro da estrutura de um servidor Web (Apache Tomcat, no caso deste projeto), só foi possível através de um arquivo de comandos do Windows. Esse arquivo possui a chamada da execução do GS *Script* (linguagem de *script* do SURFER®), mencionado anteriormente.

Na ocorrência de intervalos sem dados (por atraso no envio, problemas na estação, problemas na recuperação de dados de previsão, etc.) em um conjunto de dados, durante a execução dos mapas, o SURFER® interrompia a execução e mantinha o sistema bloqueado. Para solucionar este problema, foram implementadas rotinas na *servlet* de geração dos mapas, para verificar previamente a ocorrência de intervalos vazios no conjunto de dados, e gerar valores faltantes (*missing*) que são tratados pelo SURFER® como valores válidos. Além disso, estas rotinas notificam, via arquivo, quais variáveis não possuem dados suficientes para geração dos mapas.

O controle de execução do SURFER® por meio de semáforos tornou-se necessário já que ele não foi projetado para plataforma multi-usuário. Neste caso, antes da sua chamada, é verificada uma fila de processos em memória compartilhada evitando que duas ou mais instâncias da aplicação interfiram uma na execução da outra e façam com que o sistema exiba dados inconsistentes ou fique parado sem resposta ao usuário. Neste sentido, a fila é executada por ordem de chegada.

Basicamente, é necessário um computador contendo: sistema operacional Windows 2000 ou superior, servidor Apache Tomcat, pacote de desenvolvimento Java, banco de dados e software SURFER® para execução do sistema proposto neste trabalho.

## Conclusões

O uso de mapas como uma forma de visualização de dados meteorológicos é fundamental especialmente para usuários leigos que têm dificuldade na interpretação das tabelas disponíveis nos boletins

agrometeorológicos. Os próprios agrometeorologistas se beneficiam dos mapas pois podem analisar os dados meteorológicos e variáveis geradas mais facilmente. Dessa forma, permitir a geração de mapas automaticamente em tempo real é uma característica importante e que se tornou possível com a Internet. O Agritempo incorporou esta tecnologia para tornar disponível ao seu usuário, informação relevante sobre meteorologia aplicada à agricultura de forma rápida, eficiente e atualizada.

Um dos objetivos era incluir esta funcionalidade no sistema permitindo que mesmo usuários onde a rede Internet não tem um desempenho tão satisfatório como nas regiões Sudeste e Sul pudessem acessar o sistema. Dessa forma, a solução apresentada tem se mostrado eficiente e o sistema possui um tempo de resposta rápido para localidades com Internet de alta velocidade e um tempo razoável (aceitável) para aqueles com uma rede mais lenta. Pode-se concluir, portanto, que a possibilidade de visualização dos mapas em tempo real promove uma melhoria no processo de análise dos dados, agilizando o trabalho dos agrometeorologistas e atingindo um contingente muito maior de usuários em todo o país.

Adicionalmente, destaca-se que a implementação de semáforos proporcionou o uso de um software mono-usuário, neste exemplo o SURFER®, para atender várias requisições simultaneamente. Esta solução viabilizou a geração de mapas *on-line* sem perda de performance para o usuário final.

Como trabalho futuro, pretende-se incorporar recursos de manipulação dos mapas gerados com operações de *zoom*, *pan* e navegação sobre os mesmos, além da possibilidade de consulta aos atributos de um determinado objeto geográfico. Alguns sistemas, como o SpringWeb (INPE, 2003), o MapGuide (Autodesk Incorporation, 2003) e o GeoMedia WebMap (Intergraph Mapping and Geospatial Solutions, 2003) para a publicação de dados geográficos na Web já dispõem desta facilidade.

## Referências Bibliográficas

APACHE SOFTWARE FOUNDATION. The Apache Jakarta Project. –Disponível em: <<http://jakarta.apache.org/tomcat/>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

AUTODESK INCORPORATION. Autodesk Map-Guide. Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2995517>>. Acesso em: 25 jun. 2003.

CLIMERH - Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.climerh.rct-sc.br>>. Acesso em: 10 abr. 2003.

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. Agritempo - sistema de monitoramento agrometeorológico. [Campinas]: Embrapa Informática Agropecuária: Cepagri/Unicamp, 2002. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2003.

IAC. CIIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. [Campinas], 2003. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/ciiagro/>>. Acesso em: 20 jun. 2003.

INPE. SPRINGWEB - versão 3.0 - sistema interativo de visualização de dados geográficos via internet. [São José dos Campos], 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/sprweb/springweb.html>>. Acesso em: 30 jun. 2003.

INTERGRAPH MAPPING AND GEOSPATIAL SOLUTIONS. Intergraph - GeoMedia. Disponível em: <<http://imgs.intergraph.com/geomedia/default.asp>>. Acesso em: 20 jun. 2003.

ITEP. ITEP [home page]. Disponível em: <<http://www.itep.br>>. Acesso em: 15 jun. 2003.

KECKLER, D. Surfer for Windows: version 6: contouring and 3D surface mapping: user's guide. Golden, CO: Golden Software Inc., 1997. Paginação irregular.

SUN MICROSYSTEMS. Java servlet technology. Disponível em: <<http://java.sun.com/products/servlet/>>. Acesso em: 10 dez. de 2002.

## Comunicado Técnico, 47

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

Governo  
Federal

Embrapa Informática Agropecuária  
Área de Comunicação e Negócios (ACN)  
Av. André Tosello, 209  
Cidade Universitária - "Zeferino Vaz"  
Barão Geraldo - Caixa Postal 6041  
13083-970 - Campinas, SP  
Telefone (19) 3789-5743 - Fax (19) 3289-9594  
e-mail: sac@cnptia.embrapa.br

1ª edição  
2003 - on-line  
Todos os direitos reservados

## Comitê de Publicações

Presidente: *Luciana Alvim Santos Romani*  
Membros efetivos: *Carla Geovana Macário, Ivanilde Dispatto, Marcia Izabel Fugisawa Souza, Marcos Lordello Chaim, Suzilei Almeida Carneiro*  
Suplentes: *Carlos Alberto Alves Meira, Eduardo Delgado Assad, José Ruy Porto de Carvalho, Maria Angélica de Andrade Leite, Maria Fernanda Moura, Maria Goretti Gurgel Praxedis*

## Expediente

Supervisor editorial: *Ivanilde Dispatto*  
Normalização bibliográfica: *Marcia Izabel Fugisawa Souza*  
Capa: *Intermídia Publicações Científicas*  
Editoração Eletrônica: *Intermídia Publicações Científicas*